

Docket No.: 57810-078

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
	:	
Masaki SHIMA, et al.	:	Confirmation Number:
	:	
Serial No.:	:	Group Art Unit:
	:	
Filed: September 17, 2003	:	Examiner: Unknown
	:	
For: PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE	:	

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop CPD  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claims the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-294635, filed October 8, 2002**

cited in the Declaration of the present application. A certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:tlb  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: September 17, 2003**

57810-078  
SHIMA et al.  
September 17, 2003

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE *McDermott, Will & Emery*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 0 月    8 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 2 9 4 6 3 5  
Application Number:

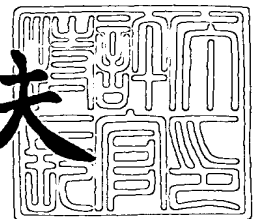
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 2 9 4 6 3 5 ]

出      願      人                      三 洋 電 機 株 式 有 限 公 司  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    8 月 1 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 4 3 3 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 NPS1020002

【提出日】 平成14年10月 8日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 31/04

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
三洋電機株式会社内

【氏名】 島 正樹

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
三洋電機株式会社内

【氏名】 平 茂治

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代表者】 桑野 幸徳

【代理人】

【識別番号】 100104433

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮園 博一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 073613

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001887

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光電変換装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 主表面を有する基板と、

前記基板の主表面上に形成された第 1 導電型の第 1 非単結晶半導体層と、

前記基板の主表面上に形成された第 2 導電型の第 2 非単結晶半導体層と、

前記第 1 非単結晶半導体層と前記第 2 非単結晶半導体層との間に形成され、実質的に真性な第 3 非単結晶半導体層とを備え、

前記第 1 非単結晶半導体層および前記第 2 非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方の半導体層と、前記第 3 非単結晶半導体層との界面部分において、前記第 3 非単結晶半導体層に含まれる結晶粒の長径方向が、前記基板の主表面に対して実質的に垂直な方向であり、前記界面部分において前記一方の半導体層に含まれる結晶粒の長径方向が、前記基板の主表面に対して実質的に平行な方向である、光電変換装置。

【請求項 2】 前記第 1 非単結晶半導体層および前記第 2 非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方に含まれる結晶粒の前記基板の主表面に対して平行な方向の平均結晶粒径は、前記第 3 非単結晶半導体層に含まれる結晶粒の前記基板の主表面に対して平行な方向の平均結晶粒径よりも大きい、請求項 1 に記載の光電変換装置。

【請求項 3】 主表面を有する基板と、

前記基板の主表面上に形成された第 1 導電型の第 1 非単結晶半導体層と、

前記基板の主表面上に形成された第 2 導電型の第 2 非単結晶半導体層と、

前記基板の主表面上の前記第 1 非単結晶半導体層と前記第 2 非単結晶半導体層との間に形成され、実質的に真性な第 3 非単結晶半導体層とを備え、

前記第 1 非単結晶半導体層および前記第 2 非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方には、互いに結晶粒の長径方向が実質的に異なる第 1 層と第 2 層とが積層され、

前記第 1 層に含まれる結晶粒の長径方向は、前記基板の主表面に対して実質的に平行な方向であり、

前記第2層に含まれる結晶粒の長径方向は、前記基板の主表面に対して実質的に垂直な方向である、光電変換装置。

【請求項4】 前記第1層は、前記第3非単結晶半導体層に接しており、前記第3非単結晶半導体層に含まれる結晶粒の長径方向は、前記基板の主表面に対して実質的に垂直な方向である、請求項3に記載の光電変換装置。

【請求項5】 前記第1層に含まれる結晶粒の前記基板の主表面に対して平行な方向の平均結晶粒径は、前記第2層に含まれる結晶粒の前記基板の主表面に対して平行な方向の平均結晶粒径よりも大きい、請求項3または4のいずれかに記載の光電変換装置。

【請求項6】 前記基板と、前記第1非単結晶半導体層および前記第2非単結晶半導体層のいずれか一方との間に、前記第1非単結晶半導体層および前記第2非単結晶半導体層のいずれか一方と接触するように形成された電極層をさらに備え、

前記電極層の結晶粒の長径方向は、前記基板の主表面に対して実質的に垂直な方向である、請求項1～5のいずれかに記載の光電変換装置。

【請求項7】 前記第1非単結晶半導体層と前記第2非単結晶半導体層と前記第3非単結晶半導体層とを有する発電ユニットを少なくとも1つ含む、請求項1～6のいずれかに記載の光電変換装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

この発明は、光電変換装置に関し、特に、微結晶および多結晶などの多数の結晶粒を含む非単結晶半導体を光電変換層として用いた光電変換装置に関する。

##### 【0002】

近年、微結晶シリコン ( $\mu c-Si$ ) 系半導体を光電変換層として用いた光電変換装置が提案されている (例えば、特許文献1、2参照)。ここで、微結晶シリコン ( $\mu c-Si$ ) 系半導体とは、最大粒径が約百nm以下の結晶粒を多数含み、かつ、構成元素としてSiを含む半導体であり、内部に非晶質相を有するものも含む。この微結晶シリコン ( $\mu c-Si$ ) を光電変換層として用いた光電変

換装置は、非晶質シリコン（a-Si）からなる光電変換装置と比べて光劣化が格段に少ないという特徴を有している。

#### 【0003】

##### 【特許文献1】

特開 2001-284619号公報

##### 【特許文献2】

特開 2002-76396号公報

図6は、従来の微結晶シリコン（ $\mu$ c-Si）を光電変換層として用いた光電変換装置の構造を説明するための断面図である。図6を参照して、従来の微結晶シリコン（ $\mu$ c-Si）を光電変換層として用いた光電変換装置の構造について説明する。

#### 【0004】

従来の光電変換装置では、図6に示すように、ガラス基板101の上面上に、約300nmの膜厚を有するAgからなる金属電極層102が形成されている。また、金属電極層102の上面上には、約100nmの膜厚を有するアルミニウム添加酸化亜鉛（AZO）からなる透明電極103が形成されている。また、透明電極103の上面上には、リンがドーピングされた微結晶シリコン（ $\mu$ c-Si）からなるn層104（膜厚約50nm）、実質的に導電型を決定するための不純物がドーピングされていない微結晶シリコン（ $\mu$ c-Si）からなるi層105（膜厚約2 $\mu$ m）、および、ボロンがドーピングされた微結晶シリコン（ $\mu$ c-Si）からなるp層106（膜厚約10nm）が順次積層された発電ユニットが形成されている。また、発電ユニットの上面上には、約80nmの膜厚を有する透明電極107が形成されている。また、透明電極107の上面上の所定個所には、銀ペーストからなる集電極108が形成されている。これにより、従来の微結晶シリコン（ $\mu$ c-Si）を光電変換層（発電ユニット）として用いた光電変換装置が構成されている。

#### 【0005】

図7は、図6に示した従来の光電変換装置における各層の結晶粒の状態を説明するための断面模式図である。図7を参照して、従来の光電変換装置における各

層の結晶粒の状態としては、i 層 105 に含まれる結晶粒 105 a の多くは、基板 101 の主表面 101 a に対して実質的に垂直な方向の長径を有している。また、n 層 104 に含まれる結晶粒 104 a および p 層 106 に含まれる結晶粒 106 a の多くは、略等方的な形状または基板 101 の主表面 101 a に対して略垂直な方向の長径を有している。このように、発電ユニットを構成する n 層 104、i 層 105 および p 層 106 において、その中に含まれる結晶粒 104 a、105 a および 106 a の多くは一方向に揃っており、その方向は基板 101 の主表面 101 a に対して実質的に垂直な方向となっている。また、n 層 104 の下面上の透明電極 103 に含まれる結晶粒 103 a の多くは、基板 101 の主表面 101 a に対して実質的に垂直な方向の長径を有している。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した従来の微結晶シリコン ( $\mu c-Si$ ) を光電変換層（発電ユニット）として用いた光電変換装置は、光電変換装置の重要な出力パラメータである開放電圧が低いという問題点があった。

#### 【0007】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、

この発明の目的は、開放電圧を向上させることが可能な光電変換装置を提供することである。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本願発明者が鋭意検討した結果、光電変換層を構成する非単結晶半導体層の結晶粒の長径方向を所定の方に配置することによって開放電圧を向上させることができることを見出した。

#### 【0009】

すなわち、この発明の第1の局面による光電変換装置は、主表面を有する基板と、基板の主表面上に形成された第1導電型の第1非単結晶半導体層と、基板の主表面上に形成された第2導電型の第2非単結晶半導体層と、第1非単結晶半導体層と第2非単結晶半導体層との間に形成され、実質的に真性な第3非単結晶半

導体層とを備えている。そして、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方の半導体層と、第3非単結晶半導体層との界面部分において、第3非単結晶半導体層に含まれる結晶粒の長径方向が、基板の主表面に対して実質的に垂直な方向であり、界面部分において一方の半導体層に含まれる結晶粒の長径方向が、基板の主表面に対して実質的に平行な方向である。

#### 【0010】

この第1の局面による光電変換装置では、上記のように、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方の半導体層と、第3非単結晶半導体層との界面において、第3非単結晶半導体層に含まれる結晶粒の長径方向を基板の主表面に対して実質的に垂直な方向に配置するとともに、一方の半導体層に含まれる結晶粒の長径方向を基板の主表面に対して実質的に平行な方向に配置することによって、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方の半導体層と、第3非単結晶半導体層との界面において、結晶粒に不連続性を生じさせることができるとともに、一方の半導体層側から見た場合の結晶粒界の割合を小さくすることができる。これにより、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方の半導体層と、第3非単結晶半導体層との界面において、逆方向リーク電流が流れにくくなるので、開放電圧を向上させることができる。

#### 【0011】

上記第1の局面による光電変換装置において、好ましくは、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方に含まれる結晶粒の基板の主表面に対して平行な方向の平均結晶粒径は、第3非単結晶半導体層に含まれる結晶粒の基板の主表面に対して平行な方向の平均結晶粒径よりも大きい。このように構成すれば、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方と第3非単結晶半導体層との界面において、基板の主表面に対して垂直な方向の結晶粒の不連続性を高めることができるため、逆方向リーク電流をさらに抑制することができる。これにより、開放電圧を向上させることができる。

#### 【0012】

また、この発明の第2の局面による光電変換装置は、主表面を有する基板と、基板の主表面上に形成された第1導電型の第1非単結晶半導体層と、基板の主表面上に形成された第2導電型の第2非単結晶半導体層と、基板の主表面上の第1非単結晶半導体層と第2非単結晶半導体層との間に形成され、実質的に真性な第3非単結晶半導体層とを備えている。そして、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方には、互いに結晶粒の長径方向が実質的に異なる第1層と第2層とが積層され、第1層に含まれる結晶粒の長径方向は基板の主表面に対して実質的に平行な方向であり、第2層に含まれる結晶粒の長径方向は基板の主表面に対して実質的に垂直な方向である。

#### 【0013】

この第2の局面による光電変換装置では、上記のように、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層の少なくともいずれか一方に、長径方向が基板の主表面に対して実質的に平行な方向である結晶粒を含む第1層と、長径方向が基板の主表面に対して実質的に垂直な方向である結晶粒を含む第2層とを積層することによって、第1層と第2層との界面において、基板の主表面に対して垂直な方向の結晶粒界が減少するとともに、結晶粒が不連続になる。その結果、逆方向リーク電流を抑制することができるので、開放電圧を向上させることができる。

#### 【0014】

上記第2の局面による光電変換装置において、好ましくは、第1層は、第3非単結晶半導体層に接しており、第3非単結晶半導体層に含まれる結晶粒の長径方向は、基板の主表面に対して実質的に垂直な方向である。このように構成すれば、第1層と第3非単結晶半導体層との間の界面においても、基板の主表面に対して垂直な方向の結晶粒界が減少するとともに、結晶粒が不連続になる。その結果、逆方向リーク電流をさらに抑制することができるので、開放電圧を向上させることができる。

#### 【0015】

また、上記第2の局面による光電変換装置において、好ましくは、第1層に含まれる結晶粒の基板の主表面に水平な方向の平均結晶粒径は、第2層に含まれる結晶粒の基板の主表面に水平な方向の平均結晶粒径よりも大きい。このように構

成すれば、第1層と第2層との界面において、基板の主表面に対して垂直な方向の結晶粒の不連続性を高めることができる。これにより、逆方向リーク電流をより一層抑制することができるので、開放電圧を向上させることができる。

#### 【0016】

さらに、上記第1および第2の局面による光電変換装置において、好ましくは、基板と第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層のいずれか一方との間に、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層のいずれか一方と接触するように形成された電極層をさらに備え、電極層の結晶粒の長径方向は、基板の主表面に対して実質的に垂直な方向である。このように構成すれば、電極層と、第1非単結晶半導体層および第2非単結晶半導体層のいずれか一方との間の界面においても、基板の主表面に対して垂直な方向の結晶粒界が減少するとともに、結晶粒が不連続になる。その結果、逆方向リーク電流をより一層抑制することができるので、開放電圧を向上させることができる。

#### 【0017】

また、上記第1および第2の局面による光電変換装置において、好ましくは、第1非単結晶半導体層と第2非単結晶半導体層と第3非単結晶半導体層とを有する発電ユニットを少なくとも1つ含む。このように構成すれば、複数の発電ユニットが積層された積層構造の光電変換装置においても、少なくとも1つの発電ユニットにおいて、基板の主表面に対して垂直な方向の結晶粒界が減少するため、逆方向リーク電流を抑制することができる。その結果、開放電圧を向上させることができる。

#### 【0018】

なお、本発明における「非単結晶半導体層」とは、例えば、多結晶半導体層、微結晶半導体層および非晶質半導体層を含む広い概念である。

#### 【0019】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

#### 【0020】

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態による光電変換装置を示した断面図である。図1を参照して、以下に第1実施形態による光電変換装置の全体構造について説明する。

#### 【0021】

まず、第1実施形態による光電変換装置では、図1に示すように、ガラス基板1の上面上には、約300nmの膜厚を有するAgからなる金属電極層2が形成されている。また、金属電極層2の上面上には、約100nmの膜厚を有するAZOからなる透明電極3が形成されている。ここで、透明電極3は、本発明の「電極層」の一例である。また、透明電極3の上面上には、リンがドーピングされた微結晶シリコン( $\mu\text{c-Si}$ )からなるn層4(膜厚約50nm)、実質的に導電型を決定するための不純物がドーピングされていない微結晶シリコン( $\mu\text{c-Si}$ )からなるi層5(膜厚約2 $\mu\text{m}$ )、および、ボロンがドーピングされた微結晶シリコン( $\mu\text{c-Si}$ )からなるp層6(膜厚約10nm)が順次積層された発電ユニットが形成されている。なお、n層4およびp層6は、本発明の「第1非単結晶半導体層」および「第2非単結晶半導体層」の一例である。また、i層5は、本発明の「第3非単結晶半導体層」の一例である。また、発電ユニットの上面上には、約80nmの膜厚を有する透明電極7が形成されている。また、透明電極7の上面上の所定個所には、銀ペーストからなる集電極8が形成されている。これにより、本発明の第1実施形態による微結晶シリコン( $\mu\text{c-Si}$ )を光電変換層(発電ユニット)として用いた光電変換装置が構成されている。

#### 【0022】

図2は、図1に示した本発明の第1実施形態による光電変換装置における各層の結晶粒の状態を説明するための断面模式図である。図2を参照して、上記実施形態による光電変換装置における各層の結晶粒の状態としては、n層4に含まれる結晶粒4aの多くは、基板1の主表面1aに対して略平行な方向の長径を有している。また、i層5に含まれる結晶粒5aの多くは、基板1の主表面1aに対して略垂直な方向の長径を有している。また、p層6に含まれる結晶粒6aの多くは、略等方的な形状または基板1の主表面1aに対して略垂直な方向の長径を有している。これにより、n層4とi層5との界面において、結晶粒の不連続性

が生じるとともに、i 層 5 側から見た場合の結晶粒界の割合が小さくなる。このため、n 層 4 と i 層 5 との界面において、逆方向リーク電流が流れにくくなるので、開放電圧を向上させることができると考えられる。また、透明電極 3 に含まれる結晶粒 3 a の多くは、基板 1 の主表面 1 a に対して略垂直な方向の長径を有している。これにより、n 層 4 と透明電極 3 との界面においても、結晶粒の不連続性が生じるため、逆方向リーク電流が抑制され、その結果、開放電圧をより向上させることができると考えられる。

### 【0023】

上記した第 1 実施形態による効果を確認するために以下のような比較実験を行った。まず、プラズマ CVD 法を用いて、以下の表 1 に示す条件で、n 層 4、i 層 5 および p 層 6 を順次、透明電極 3 の上面上に積層することによって、第 1 実施形態による光電変換装置および比較例による光電変換装置を作製した。この場合、比較例では、i 層および p 層は第 1 実施形態と同じ条件で形成し、n 層のみ異なる条件で形成した。

### 【0024】

【表 1】

形成条件	基板温度 (°C)	反応圧力 (Pa)	高周波 電力(W)	ガス流量 (sccm)
n 層 (第 1 実施 形態)	160	35	100	SiH <sub>4</sub> 3 H <sub>2</sub> 100 PH <sub>3</sub> 0.2
n 層 (比較例)	160	35	50	SiH <sub>4</sub> 1 H <sub>2</sub> 200 PH <sub>3</sub> 0.2
i 層	200	150	50	SiH <sub>4</sub> 20 H <sub>2</sub> 400
p 層	160	35	10	SiH <sub>4</sub> 3 H <sub>2</sub> 300 B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> 0.05

そして、表 1 の条件で作製した約 50 nm の膜厚を有する n 層について、断面 TEM 観察を行い、結晶粒の形状について測定を行った。結果を以下の表 2 に示す。なお、表 2 において、数値は測定値の平均値を示しており、方向は、基板 1

の主表面 1 a に対する方向を示している。

【0025】

【表 2】

	結晶粒径 (平行方向)	結晶粒径 (垂直方向)
n 層 (第 1 実施 形態)	15nm	7nm
n 層 (比較例)	7nm	7nm

上記表 2 を参照して、第 1 実施形態の n 層 4 に含まれる結晶粒の多くは、基板 1 の主表面 1 a に対して略平行な方向に長径を有していることがわかった。また、比較例の n 層に含まれる結晶粒の多くは、略等方的な形状を有していることがわかった。

【0026】

また、表 1 の条件で形成した i 層 5 についても、断面 TEM 観察を行ったところ、基板 1 の主表面 1 a に対して垂直な方向には平均で約 20 nm 以上、基板 1 の主表面 1 a に対して平行な方向には平均で約 7 nm の形状を有する結晶粒が成長していることがわかった。つまり、第 1 実施形態および比較例による i 層は、基板 1 の主表面 1 a に対して略垂直な方向に長径を有していることが判明した。また、第 1 実施形態による n 層 4 に含まれる結晶粒 4 a の基板 1 の主表面 1 a に対して略平行な方向の平均結晶粒径が約 15 nm であるのに対して、i 層 5 に含まれる結晶粒 5 a の基板 1 の主表面 1 a に対して略平行な方向の平均結晶粒径が約 7 nm であるので、n 層 4 と i 層 5 との界面において、基板 1 の主表面 1 a に対して垂直な方向の結晶粒の不連続性がより高められることになる。このため、逆方向リーク電流がさらに抑制されるので、開放電圧がより向上すると考えられる。

【0027】

次に、上記した第 1 実施形態による効果を確認するため、上記第 1 実施形態および比較例による光電変換装置の出力特性を AM1.5、100 mW/cm<sup>2</sup>、

25℃の疑似太陽光照射条件下で測定した。ここで、AM (Air Mass) とは、地球大気に入射する直達太陽光が通過する路程の、標準状態の大気（標準気圧 1013 hPa）に垂直に入射した場合の路程に対する比である。結果を表 3 に示す。

【0028】

【表 3】

	開放電圧 (V)	短絡電流 (mA/cm <sup>2</sup> )	曲線因子	変換効率 (%)
第 1 実施 形態	0.53	22.5	0.72	8.6
比較例	0.49	23.0	0.70	7.9

上記表 3 を参照して、第 1 実施形態による光電変換装置は、比較例と比べて、短絡電流については同等であるが、開放電圧と曲線因子が改善されていることが判明した。これにより、第 1 実施形態では、変換効率が向上していることがわかる。

【0029】

(第 2 実施形態)

この第 2 実施形態では、上記第 1 実施形態と異なり、p 層中の結晶粒の分布に不連続性がある光電変換装置について説明する。

【0030】

図 3 は、本発明の第 2 実施形態による光電変換装置を示した断面図である。図 3 を参照して、以下に第 2 実施形態による光電変換装置の構造について説明する。

【0031】

図 3 に示すように、ガラス基板 11 の上面上には、約 300 nm の膜厚を有する Ag からなる金属電極層 12 が形成されている。また、金属電極層 12 の上面上には、約 100 nm の膜厚を有する AZO からなる透明電極 13 が形成されている。ここで、透明電極 13 は、本発明の「電極層」の一例である。また、透明電極 13 の上面上には、リンがドーピングされた微結晶シリコン ( $\mu c-Si$ ) から

なる n 層 14 (膜厚約 50 nm)、実質的に導電型を決定するための不純物がドーピングされていない微結晶シリコン ( $\mu\text{c-Si}$ ) からなる i 層 15 (膜厚約 2  $\mu\text{m}$ )、および、ボロンがドーピングされた微結晶シリコン ( $\mu\text{c-Si}$ ) からなる p 層 16 (膜厚約 10 nm) が順次積層された発電ユニットが形成されている。なお、n 層 14 および p 層 16 は、本発明の「第 1 非単結晶半導体層」および「第 2 非単結晶半導体層」の一例である。また、i 層 15 は、本発明の「第 3 非単結晶半導体層」の一例である。

#### 【0032】

ここで、この第 2 実施形態では、p 層 16 は、i 層 15 の上面に接する p 2 層 19 と、p 2 層 19 の上面上に形成された p 1 層 20 とから構成されている。なお、p 2 層 19 および p 1 層 20 は、それぞれ、本発明の「第 1 層」および「第 2 層」の一例である。

#### 【0033】

また、発電ユニットの上面上には、約 80 nm の膜厚を有する透明電極 17 が形成されている。また、透明電極 17 の上面上の所定個所には、銀ペーストからなる集電極 18 が形成されている。これにより、本発明の第 2 実施形態による微結晶シリコン ( $\mu\text{c-Si}$ ) を光電変換層 (発電ユニット) として用いた光電変換装置が構成されている。

#### 【0034】

図 4 は、図 3 に示した本発明の第 2 実施形態による光電変換装置における各層の結晶粒の状態を説明するための断面模式図である。図 4 を参照して、上記実施形態による光電変換装置における各層の結晶粒の状態としては、n 層 14 に含まれる結晶粒 14a の多くは、略等方的な形状を有している。また、i 層 15 に含まれる結晶粒 15a の多くは、基板 11 の主表面 11a に対して略垂直な方向の長径を有している。また、p 1 層 20 に含まれる結晶粒 20a の多くは、略等方的な形状または基板 11 の主表面 11a に対して略垂直な方向の長径を有していると同時に、p 2 層 19 に含まれる結晶粒 19a の多くは基板 11 の主表面 11a に対して略平行な方向の長径を有している。

#### 【0035】

これにより、i 層 15 と p 層 16 との界面だけでなく、p 2 層 19 と p 1 層 20 との界面においても、結晶粒の分布に不連続性が生じるため、光電変換装置における逆方向リーク電流のパスと考えられる基板 11 の主表面 11a に対して垂直な方向の結晶粒界がそれぞれの界面において減少すると考えられる。その結果、逆方向リーク電流がさらに抑制されるので、開放電圧がより一層向上すると考えられる。

### 【0036】

上記第 2 実施形態による効果を確認するために、以下のような実験を行った。まず、プラズマ CVD 法を用いて、以下の表 4 に示す条件で、n 層 14、i 層 15、p 2 層 19 および p 1 層 20 を順次、透明電極層 13 の上面上に積層することにより、光電変換装置を作製した。

### 【0037】

【表 4】

形成条件	基板温度 (°C)	反応圧力 (Pa)	高周波 電力(W)	ガス流量(sccm)			
				SiH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	PH <sub>3</sub>
n 層	150	35	50	1	200	---	0.02
i 層	200	150	50	20	400	---	---
p2 層	120	150	50	2	200	0.01	---
p1 層	120	150	40	3	300	0.02	---

次に、上記第 2 実施形態による光電変換装置の出力特性を AM1.5、100 mW/cm<sup>2</sup>、25℃の疑似太陽光照射条件で測定した。結果を表 5 に示す。

### 【0038】

【表 5】

	開放電圧 (V)	短絡電流 (mA/cm <sup>2</sup> )	曲線因子	変換効率 (%)
第 2 実施 形態	0.51	22.9	0.73	8.5

上記表 5 を参照して、第 2 実施形態による光電変換装置は、表 3 に示した第 1 実施形態の比較例と比べて、開放電圧と曲線因子とが改善されており、変換効率が向上していることがわかる。また、第 2 実施形態では、第 1 実施形態による光

電変換装置と同等の特性が得られていることを確認することができた。

#### 【0039】

図5は、図3に示した本発明の第2実施形態の変形例による光電変換装置における各層の結晶粒の状態を説明するための断面模式図である。図5を参照して、この第2実施形態の変形例では、上記第2実施形態と異なり、p層26を構成するp1層20はi層15と接している。また、第2実施形態と同様、p1層20に含まれる結晶粒20aの多くは略等方的な形状または基板11の主表面11aに対して略垂直な方向の長径を有しているとともに、p2層19に含まれる結晶粒19aの多くは基板11の主表面11aに対して略平行な方向の長径を有している。これにより、第2実施形態と同様、p1層20とp2層19との界面において、結晶粒の分布に不連続性が生じるため、光電変換装置における逆方向リーク電流のパスと考えられる基板11の主表面11aに対して垂直な方向の結晶粒界が減少すると考えられる。その結果、逆方向リーク電流が抑制されるので、開放電圧を向上させることができると考えられる。

#### 【0040】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

#### 【0041】

たとえば、上記各実施形態は、基板の主表面は略平面状であるが、凹凸形状を有していてもよい。この場合、各層の結晶粒の長径方向は、この凹凸面に対して略垂直、または、略平行であってもよい。つまり、光電変換装置内部では略膜厚方向（垂直方向）に電流が流れるため、膜厚方向に略平行な方向の結晶粒界に不連続性が生じていればよい。

#### 【0042】

また、上記各実施形態では、各層の結晶粒は長径方向が互いに略90度ずれるようにしたが、本発明はこれに限らず、各層の結晶粒は長径方向が互いに30度以上ずれていることが好ましい。

**【0043】**

また、上記各実施形態において、発電ユニットは1つであるが、本発明はこれに限らず、複数の発電ユニットが積層された、いわゆる積層型の光起電力装置において、少なくとも1つの発電ユニットが上記各実施形態の発電ユニットであればよい。これにより、少なくとも1つの発電ユニットにおいて、基板の主表面に対して垂直な方向の結晶粒界が減少するため、逆方向リーク電流を抑制することができる。その結果、開放電圧を向上させることができる。

**【0044】**

また、上記各実施形態において、微結晶シリコン ( $\mu c-Si$ ) からなる光電変換装置について説明したが、本発明はこれに限らず、SiGe、SiCなど他の半導体材料からなる光電変換装置であってもよい。

**【0045】****【発明の効果】**

以上のように、本発明によれば、開放電圧を向上させることが可能な光電変換装置を提供することができる。

**【図面の簡単な説明】****【図1】**

本発明の第1実施形態による光電変換装置を示した断面図である。

**【図2】**

図1に示した本発明の第1実施形態による光電変換装置における各層の結晶粒の状態を説明するための断面模式図である。

**【図3】**

本発明の第2実施形態による光電変換装置を示した断面図である。

**【図4】**

図3に示した本発明の第2実施形態による光電変換装置における各層の結晶粒の状態を説明するための断面模式図である。

**【図5】**

図3に示した本発明の第2実施形態の変形例による光電変換装置における各層の結晶粒の状態を説明するための断面模式図である。

## 【図 6】

従来の光電変換装置の構造を説明するための断面図である。

## 【図 7】

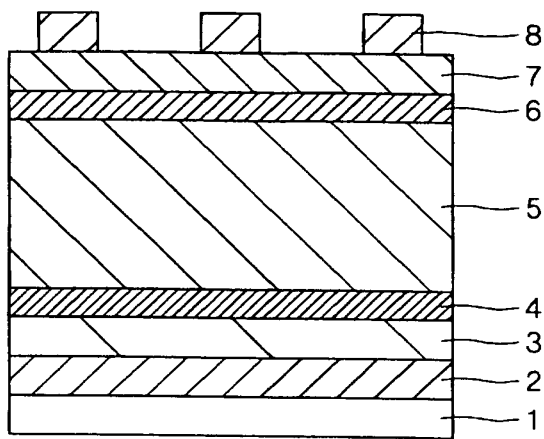
図 6 に示した従来の光電変換装置における各層の結晶粒の状態を説明するための断面模式図である。

## 【符号の説明】

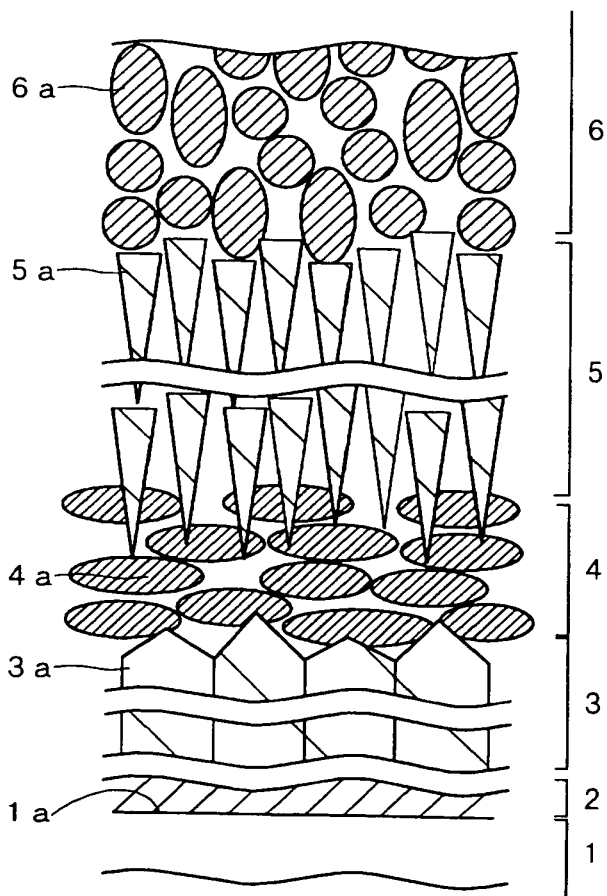
- 1            基板
- 1 a          主表面
- 2            裏面電極
- 3            透明電極（電極層）
- 4            n 層（第 1 非単結晶半導体層または第 2 非単結晶半導体層）
- 5            i 層（第 3 非単結晶半導体層）
- 6            p 層（第 1 非単結晶半導体層または第 2 非単結晶半導体層）
- 7            透明電極
- 8            集電極

【書類名】 図面

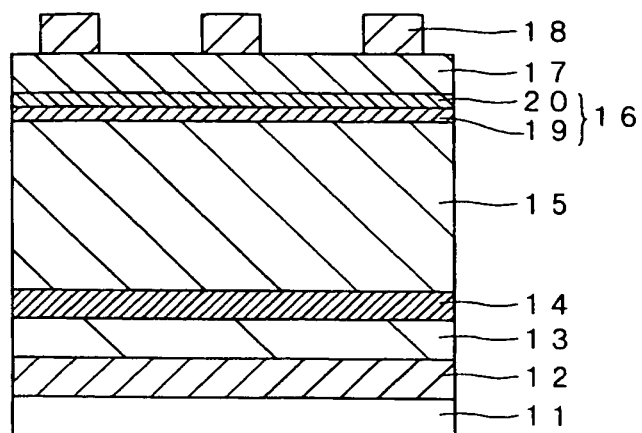
【図 1】



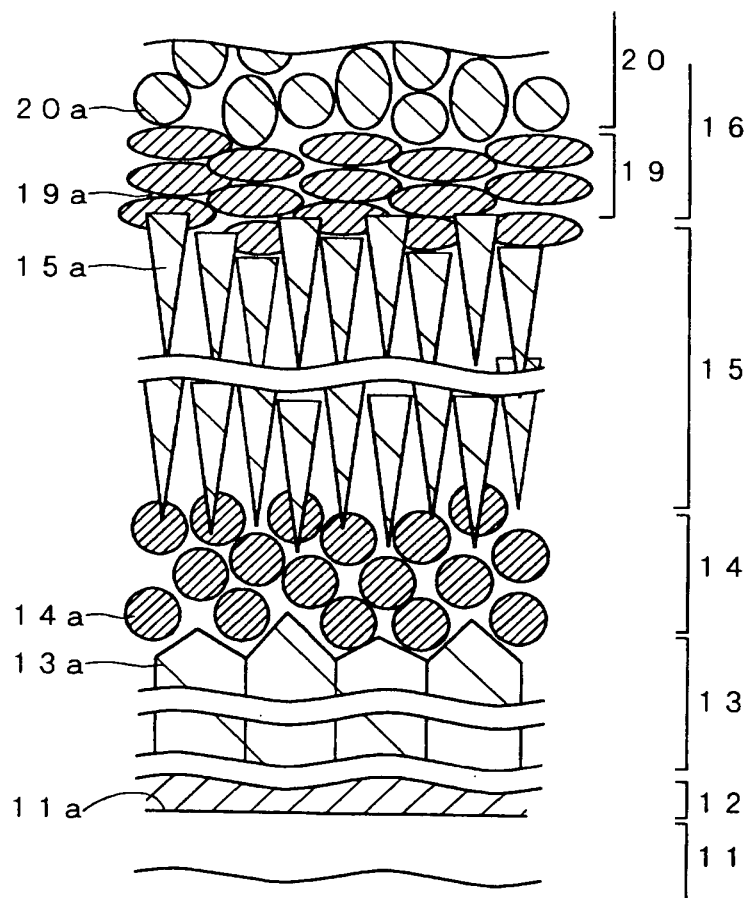
【図 2】



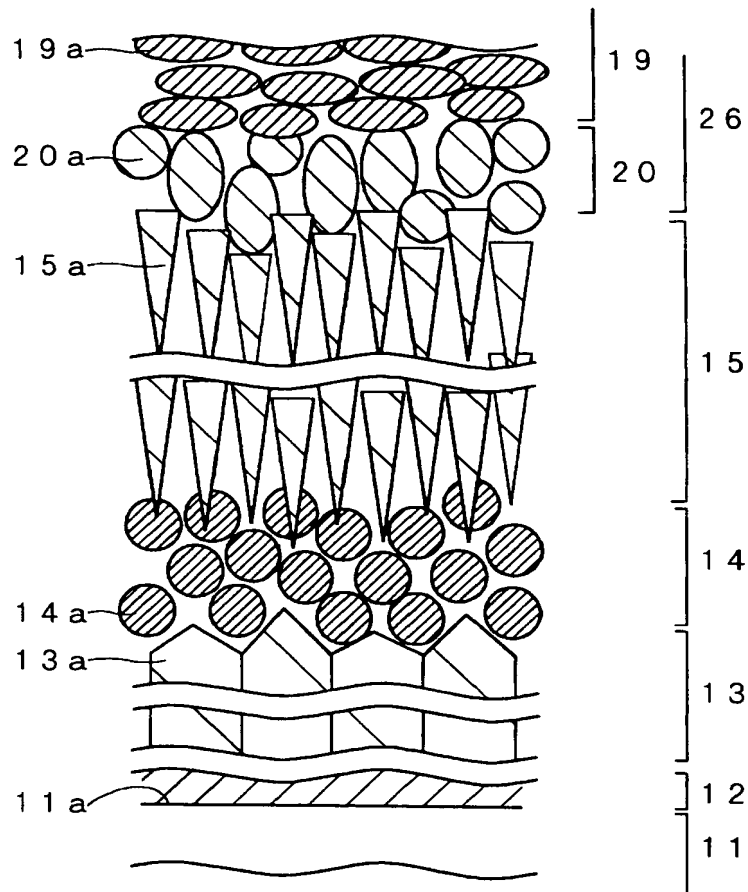
【図 3】



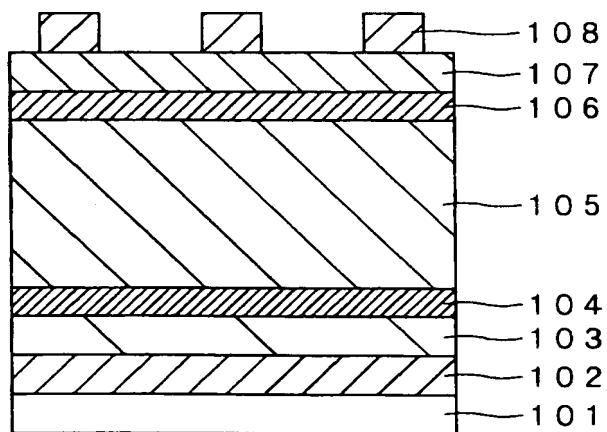
【図 4】



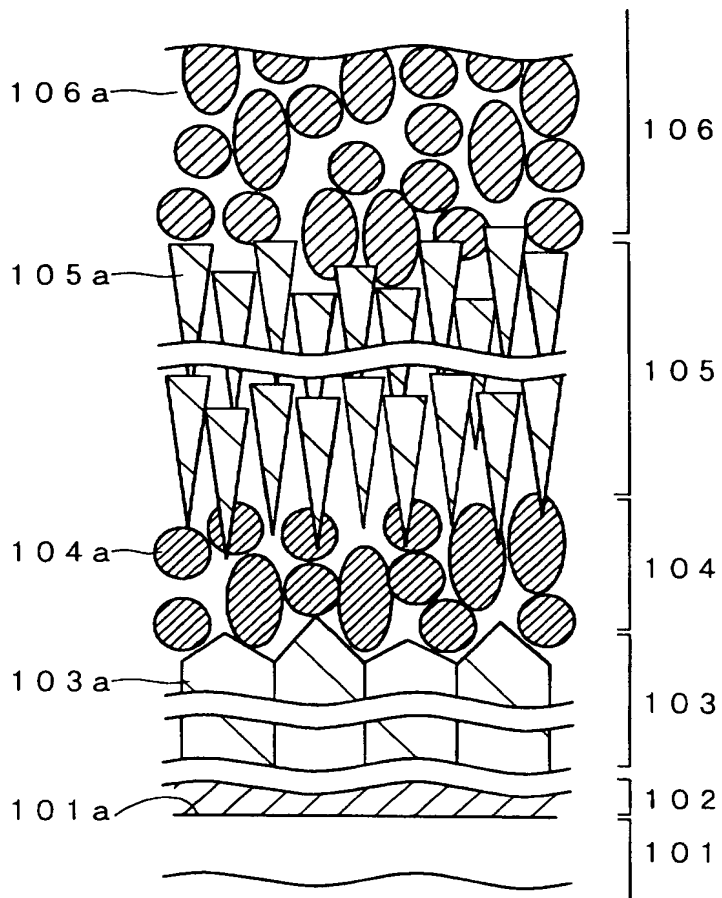
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 開放電圧を向上することが可能な光電変換装置を提供する。

【解決手段】 この光電変換装置は、基板 1 の主表面 1 a 上に形成された微結晶シリコン ( $\mu c-Si$ ) からなる n 層 4 および p 層 6 と、n 層 4 と p 層 6 との間に形成され、実質的に真性な微結晶シリコン ( $\mu c-Si$ ) からなる i 層 5 とを備えている。そして、n 層 4 に含まれる結晶粒の長径方向が基板 1 の主表面 1 a に対して実質的に平行な方向であり、i 層 5 と、n 層 4 および p 層 6 との界面における i 層 5 に含まれる結晶粒の長径方向が基板 1 の主表面 1 a に対して実質的に垂直な方向である。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 2 9 4 6 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 8 8 9 ]

- 1 . 変更年月日            1 9 9 0 年    8 月 2 4 日  
    [変更理由]            新規登録  
        住    所            大阪府守口市京阪本通 2 丁目 1 8 番地  
        氏    名            三洋電機株式会社
  
- 2 . 変更年月日            1 9 9 3 年 1 0 月 2 0 日  
    [変更理由]            住所変更  
        住    所            大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
        氏    名            三洋電機株式会社